

理科教材の構造化について

理科教育研究班

I はじめに

近年世界的な風潮として教科内容の現代化が叫ばれ、教育学関係の研究者のみならず数学・自然科学等の専門科学の研究に携わる人達の間にも教科教育の研究に対する関心がとみに高まっている¹⁾²⁾。

教科教育の研究はその研究領域からみて、教科教育の原理と目標、教科内容の編成、教科教育の方法の三つに分けられるが³⁾、特に教科内容論は教科教育学の中心的な領域であり、また専門科学の立場から教科教育研究にアプローチしようとする者にとって最初に手がけるのに適した部門であろう⁴⁾。

(注1) 教科教育の研究は水越敏行氏⁵⁾の指適されたように「目標」「内容」「方法」が相互に関連し影響し合うものである。本稿の「内容論」研究にあたっては、目標・方法とは無関係であり得なかったがこれらに関しては次稿にゆずる。

教科内容の研究はブルーナー⁶⁾の言うように二つの視点からなされる必要がある。一つは教科の性格に基づき教材内容の構造化と精選を図ることであり、いま一つは子どもの思考や認識の発達系列を明らかにしその知的発達の系列に即して教材内容を組織化することである。そして最終的には上の二つのものを総合して教科の基本概念を「ラセン的」に配列することによって教材の構造を設定することを彼は提案してい

る。ここで構造設定の手順として、教科の学問体系を主とし子どもの発達系列を従とするいき方と、発達系列を主とし学問体系を従とするいき方があるが広岡亮蔵氏⁷⁾は中学・高校の教材構造化には前者、小学校の教材構造化には後者のいき方が妥当とされている。本稿ではまず前者の方法によって「教材の構造化⁸⁾²⁾」を試みようと思う。

(注2) 広岡亮蔵氏⁷⁾は「教材」の意味は狭くは「題材」から、広くは「教科」までの幅を持つと述べている。本稿でも「教材」が「教科」と同じように使用されている場合がある。

次に教材構造化の発想には水越敏行氏⁴⁾が指摘されたように「巨視的」なものと「微視的」なものがある。わが国では教材構造は単元ないしは小単元と言ったミクロ的な次元でとらえられているが、他方PSSC物理などでは教科全体にわたる大きいスケールで構造の骨組みが形成され、そこから単元・小単元の構造が分岐されている。水越氏は前者の立場に意義を認めつつも、研究方針としては後者の道筋をより本質なものとし力説されている。本稿においても水越氏の提案のように巨視的な立場から教科構造を眺め基本概念の組織化を図り、その後の節において各単元の微視的な教材構造の解明を試みた。

II 自然科学知識体系から演繹した理科教材の構造化

(1) 自然科学諸分野の分類

自然科学の体系化には古くはヴント、田辺元⁹⁾氏ら、新しくは金崎肇¹⁰⁾氏らの分類がある。自然科学の分類を知ることが知識の整理・

記憶のみならず学習指導に役立つことは言うまでもない。

ことに現代においては物理学・化学……等の自然科学の各分野がさらに多岐多様に分化してその間の脈絡を見出すことが一層困難になっ

ている。たとえば現代の生物学は分子生物学のようにミクロ的な対象を取扱う部門から群落のように広大な範囲を対象とする部門まで広がっている。

自然科学をいくつかの分野に分類するにとど

まらず、分野をさらに部門別に分化し、各部門相互の系統を明らかにすることが望ましい。これが教材構造化の第一歩であると考えられる。この例としては生物学における福井時次郎氏¹⁰⁾の系統図(図1)がある。

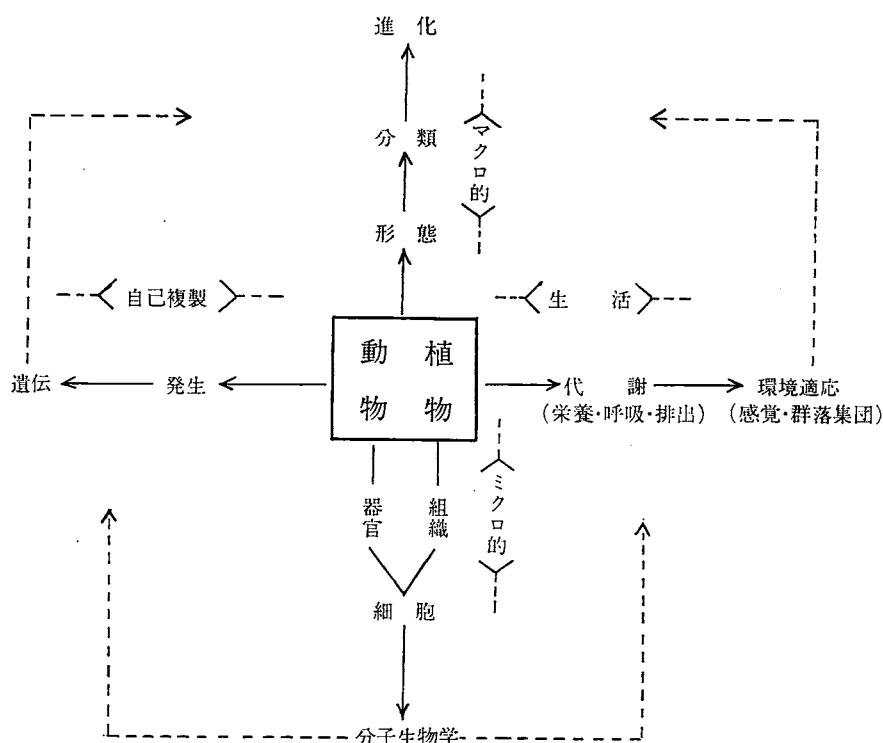


図1 生物学の系統図

図において生物個体(植物・動物)は解剖学的には組織・器官に分けられ、これらは顕微鏡的には細胞から成り立っているが、さらにミクロ的にみると分子生物学の対象となる。反対に生物個体を比較し総合する見地から、形態→分類→進化の系統が考えられる。

一方生物の特徴である活動し生活する機能および自己複製の機能より眺めると、代謝→環境適応および発生→遺伝の諸領域へと発展する。

また点線で示したように分子生物学は代謝や遺伝等の基礎理論となり、さらに遺伝や環境適応の考えが分類・進化に説明を与えている。

このような図を用いて、小・中・高校の教材

を見なおすと、各発達段階では図のどの範囲までをカバーしているか、また各発達段階で新たに登場してくる部門はどれか、が明らかとなる。

教材の各単元を図の部門別にわけるとたとえば小学校6年教材「トリの卵の育ち」……発生、「植物のつくりとはたらき」……組織・代謝、「水中の小さい生物」……分類・環境適応となる。5年教材「メダカとカエルの育ちかた」……環境・発生、「イネや水草の育ちかた」……組織・環境、「実のできかた」……組織・代謝となる。

この教材が関係する諸部門がわかれば、各教材間のつながり、学年間の系統、各単元の取り

扱い方などがある程度推定できる。

(2) 基本概念の組織化

前項で述べた自然科学諸分野の分類による体系化は有用なものであるが、さらに構造化について検討を加えると「基本概念の組織化」へと発展していく。

ブルーナーは子どもの知的発達を探索しているうちにその過程をタテに一貫して一本の筋が通っていることを洞察した⁵⁾。すなわち幼い子どもの認識にも科学の基本概念が芽生えており、発達段階を上昇するにしたがいこの基本概念は形を変えながら次第に成長していく。

自然科学の諸部門を人体の各部分（頭・胴体・四肢等）にたとえるならば、基本概念は人体の中枢部から各部分に走っている神経に相当する。

身体各部分のつながりを明らかにするのが科学諸部門の体系化であるならば、それら諸部分

が一系乱れず有機的な活動をするための神経系統を探り出すのが基本概念の組織化である。科学諸部門の分類は言わば **apparent** なものへの表面的な考察であるに対してブルーナーの提唱した基本概念の考え方は **latent** なものについて一歩突込んだ内面的な洞察と言えようか。

こどもの知的活動にあっては外面的な知識修得と共に、基本概念によって子どもの持っている知識が有機的に結びつけられることが大切である。

基本概念の組織化にあたっては、前述したように子どもの発達段階を主にして行なういき方もあるが、本稿では自然科学の知識・法則を分析し、そこから科学の概念を洗い出しそれを体系化して概念図を作成した。

ここで用いられた概念を抽出する操作の要領はつぎのとおりである。まず具体的な問題たとえば「体積 $v\text{cm}^3$ の木片（比重 d_1 ）に $w\text{g}$ （比重 d_2 ）のおもりをつけ水中に投入した。この木片が浮く場合の v, w, d_1, d_2 の間の条件を求め

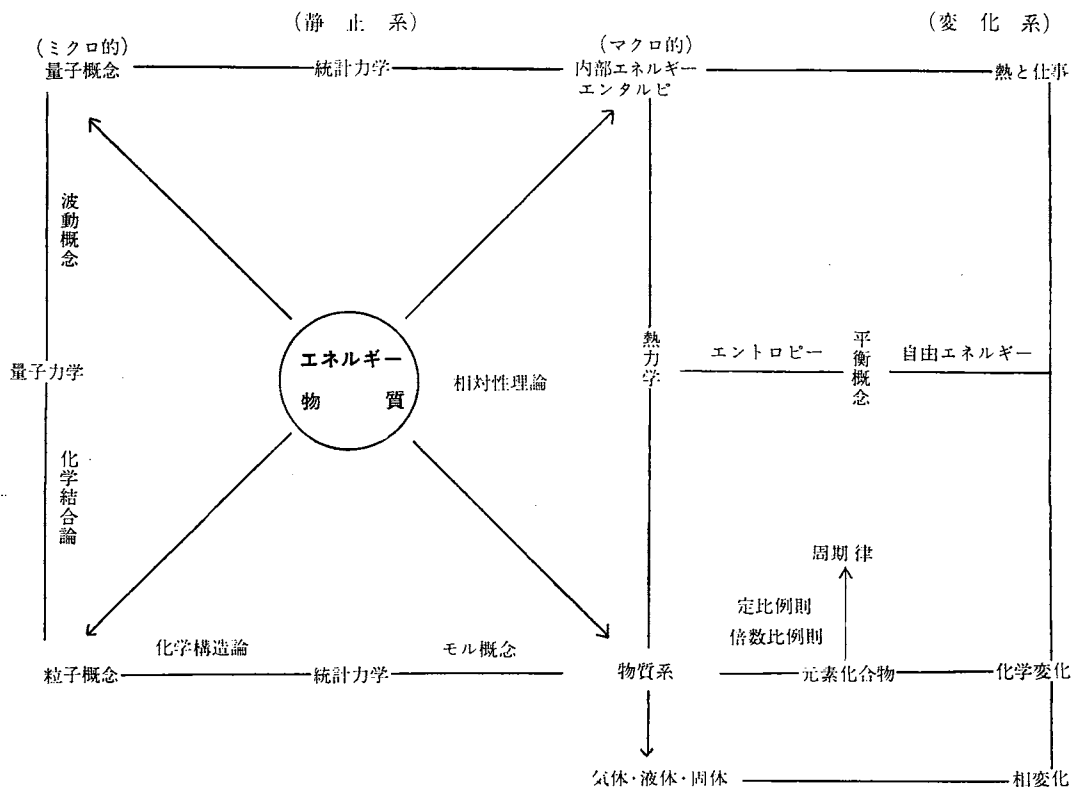


図2 化学の概念図

よ」を考える。これを解くには、「物体を液体中に沈めると浮力に相当した上向きの力が働らくこと（浮力の概念）」と「物体に働らく上向きの浮力と下向きの重力が等しいと物体は静止する（力の釣り合い——力学的平衡の概念）」の二概念が必要である。

単にテスト形式の問題を解く場合のみに限定せず、一般の理科学習活動において遭遇する問題を解決するのに必要な概念を逐次洗い出し、それらを系統づけると、化学については図2の概念図が得られる。

基本概念は自然科学の発展と共に進化する性質のものであり、また概念図はこれを抽出作成する人の学識にも左右されるので、例示した概念図はもちろん完璧なものではないが、今後またえざ改良を加えてより優れたものにしたい。

基本概念は学科の性格によって異なる。物理・化学・生物・地学の各分野にはそれぞれ独自の概念があるが、しかしそれらすべてに共通した中心的な基本概念が存在する。「物質」と「エネルギー」がこれに相当するが筆者はこれを特に中心概念と呼びたい。この二つの概念^(注3)は確立をみてから百年以上の歴史を持ち自然科学の中心的役割を果たしている。

(注3) 概念は「物質」「エネルギー」等の術語で示されるべきでなく、「物体は物質から成り立ち、質量をもっている。」「エネルギーは保存される」といった記述で示されるべきである。ここでは簡単のため術語で代用したが、今後の研究でこれを記述に変えていきたい。

次にこの中心概念から基本概念が派生する。たとえば「物質概念」から「物質系の概念」「物質の粒子概念」「モル概念」等が派生し、「エネルギー」からは「量子概念」「内部エネルギー」「平衡の概念」等が生じてくる。

概念図ではこれらの概念相互の関係や、概念と関係のある理論等も付記した（たとえば量子力学、化学結合論等）。これら理論はまたその中に特有の概念を含んでいる。（たとえば「相対性理論」は物質とエネルギーの両概念にまたがる理論であるが、その中にはまた「物質とエネルギーは相互に変換し得る」との概念を含

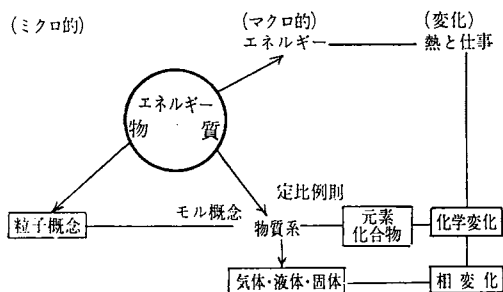
む）。

このような概念図作成がさらに発展して次項の教材構造化へと進む。

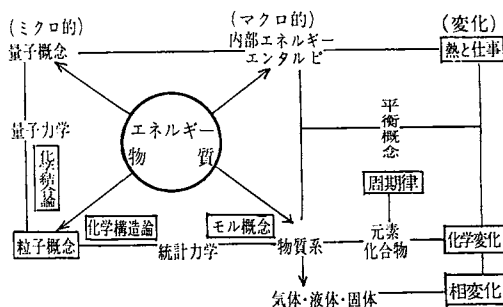
(3) 基本概念による教材の構造化

図2は化学領域内の重要と思われる諸概念を図示したものであるが、小・中・高校のカリキュラムを検討すると学習者の発達段階に応じてそのウエイトのかけ方が異なっているのがわかる。

たとえば高校化学では図3(b)のようになり、中学理科の化学教材にあっては図3(a)のようになる。つまり発達段階に応じて教材内容のヨコの領域（scope）が次第にふくらんでいるのがわかる（□はウエイト大）。



(a) 中学理科（化学）



(b) 高校化学

図3 中学・高校における化学概念図

このように発達段階に応じて教材内容が拡大する状況を図示するため、種々の立体構造図が考え出されている¹¹⁾。構造図作成にあたっては教科内容と子どもの知的認識過程の両者を考慮すべきであり、ブルナーらの教育学・教育心理学の成果を積極的に取り入れる配慮が必要と

思う。

ブルーナーは重要な題材はできるだけ早く教えはじめ、またあとの学年になってさらに一度も二度もくりかえし展開されなければならないとのべている⁵⁾。ここでくり返えされるのは教材そのものでなくそれが含んでいる基本概念であって、教材内容にはそれが同じ概念を含んでも高学年になるに従がいより拡大された内容を取り扱うことになる。

このような考えに基いて、筆者らは理科の諸分野を水平面上に割りあて、発達段階を垂直軸にとることとした。各教材を分野に応じて水平面上にとり、さらにその教材をどの発達段階に

おいて学習するかによって垂直方向に配置させると「ラセン構造」が得られる。高学年になるにつれて教材内容のヨコの範囲が拡大することから、このラセンは円筒ラセンでなく円錐ラセンが妥当である。また各教材はバラバラなものではなく「物質」「エネルギー」の中心概念を中心軸としそこから派生した基本概念のスジによって連絡されている。この操作で図4のようにラセン構造をとりつつ高学年になるにつれて教材内容がふくむ「コマ型構造図」が考え出された。このコマの表面上でいくつかの教材がタテに一直線にならぶ場合があるが、これら教材相互の間には順次性 (sequence) が存在する。

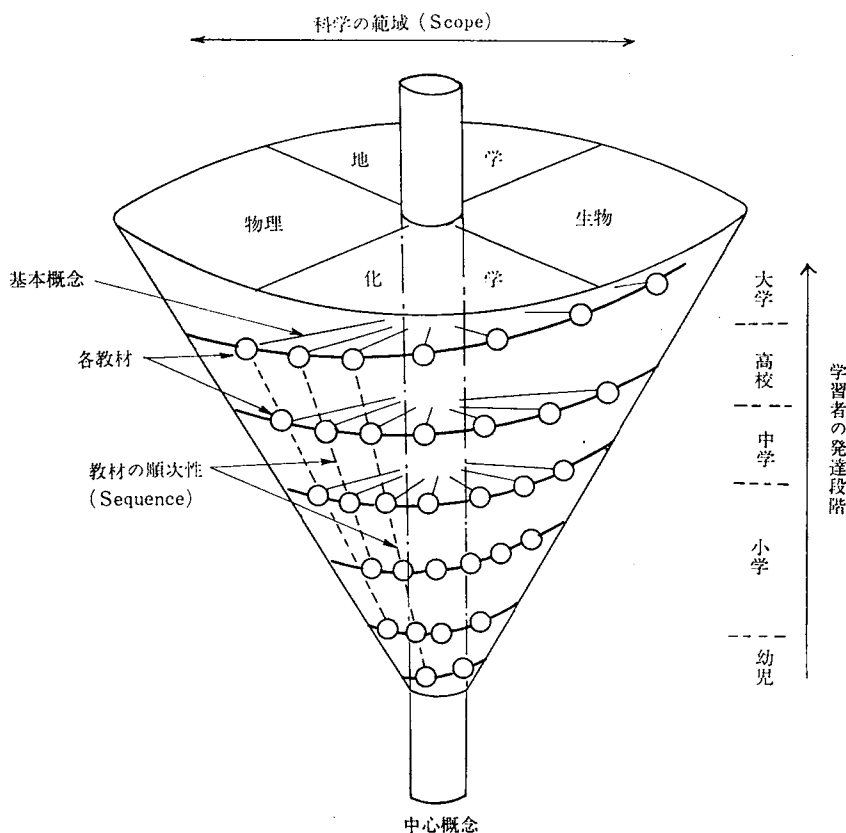


図4 教材構造模型図(コマ型)

このような構造図の設定に引き続いて、理科の具体的な教材が図のラセンのどの場所に位置づけられるかを練り上げることが次の問題となる^{註4)}。

(注4) 本節では理科と自然科学をほぼ同義語のよ

うに使用してきたが、理科学目標論としてこの点はかなり問題となるところである。「自然科学の構造、即理科の構造」と主張する人もいるが¹⁴⁾、これに反対する人もかなり多い¹⁵⁾。たとえば広岡亮蔵氏¹⁶⁾は「科学を教育のプリズムにかけて反映させたもの」として教材の構造をとるべきだと述べている。筆者

も理科教育は自然科学を素材とするが、子どもの発達段階への顧慮なしには成り立たないと考える。言わば「理科は自然科学を『子ども』というふるいにかけたもの」である。

具体的教材のラセン構造化はすでに数多く試

みられているが¹²⁾¹³⁾、単に一教材・一学校種の範囲にとどまり、たとえば小・中・高校・大学・成人と一貫したスケールの大きい構造化はまだなされていない。

＜山 崎 豊＞

Ⅲ 現場の実践研究から帰納した理科教材の構造化

(1) 現場での構造化の方針

前章における自然科学体系から演繹された構造化の試みは、教育現場における実践結果からの帰納によってたしかめられる必要がある。

教育現場では長い年月にわたり多数の教師による実践研究が蓄積されているが、これらはみな貴重な資料であるにもかかわらず、これら研究相互の間に統一がなく、またこれらを一ヶ所に集積する機関がないため資料が散逸し研究に役立たせることが困難なのは残念である。筆者らは文部省「学習指導要領」同「指導書」¹⁷⁾をもって、現場の実践研究から帰納された教材構造化の一つの所産と考え、これの解析を行なった。また一方では金沢大学教育学部附属小学校において毎年発表される研究集録¹⁸⁾を有効な資料として利用した。

指導要領¹⁸⁾では理科教材を 1. 生物とその環境 2. 物質とエネルギー 3. 地球と宇宙の三領域に分け、各領域ごとに教材内容を細分しこれを学年別に配当している。

筆者ら（主に附属小学校研究グループ）はこの指導要領にもられた教科の系統（ヨコ）と、研究授業の実践を通して帰納された能力の体系（タテ）の両面から単元構成を行なった。またこの単元の内容をしらべその中心的内容——単元の主軸を洗い出した。

一方教科の根幹となる基本概念をつきとめ、さらにこれをいくつかの基本要素に分けてこどもに把握・発見させるべき内容を設定した。これらを基礎にして学習の位置づけを行ない指導案を作成して、授業研究を進めた。

この手順を図示すれば図5のようになる。

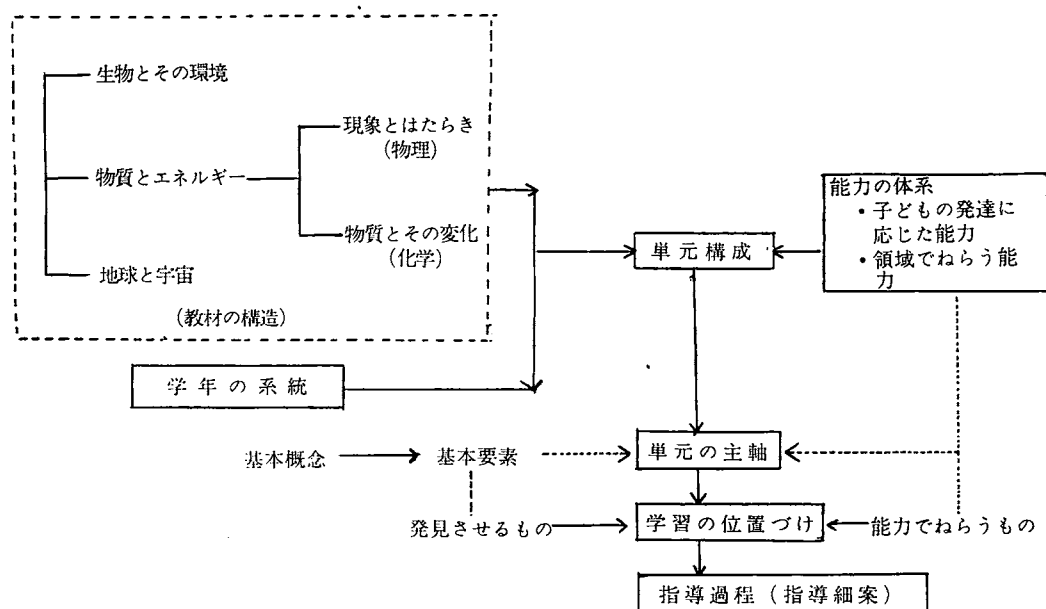


図5 構造化の方針

(2) 構造化の結果

このような手順を用いて、小学校理科「物質の性質と変化（化学教材）」の構造化を試みた。結果は資料1～5に示されるとおりである。これをそれぞれ説明する。

（資料1）「物質とその変化」の指導には「1. 物質は固有の性質をもっている。2. 状態の変化（相変化）では物質自身の変化は起こらない。3. 化学変化によって新しい物質を生成する」の三つが基本概念となり、物質の性質と変化を学習する際は、これらが幹となって子どもの知的認識が育てられることをつきとめた。基本概念はさらにいくつかの基本要素に分かれ、これらで肉付けされて具体的な教材内容となる。またそれらの基本要素がどのような操作技能と関連しているかをも検討した。これらの結果が資料1である。

（資料2）資料1で洗い出した基本要素を子どもの知的発達に応じて学年別教材単元に割り当て、体系化を行なった。

たとえば「物には固有の性質がある」という基本概念は一年「くだもののしる」の「ものにはそれぞれ色・におい・味・手ざわりなどの

があることに気づく」といった初歩の段階から「水にとけるものやとけないものがある（溶解性）」、「デンプンはヨウ素に合うと青色を呈する（反応性）」、「電流を通す溶液と通さない溶液がある（導電性）」など高度のものへと育っていくことがこの資料で理解できる。

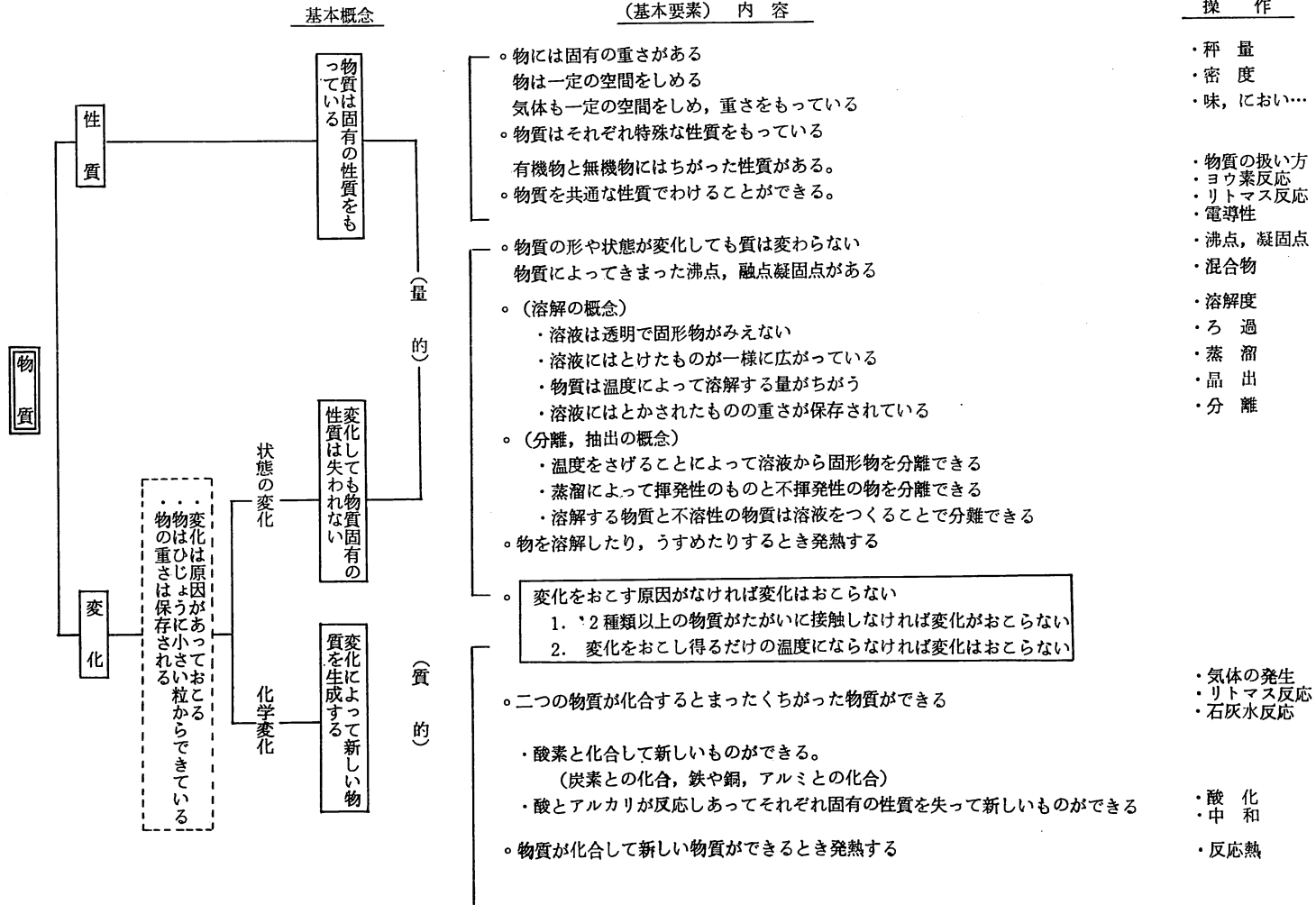
（資料3）各単元の基本要素を子どもに付与させる能力の体系から眺めたのが資料3であり、学年が進むにつれてどのような能力が芽生え育つかを明らかにしている。

（資料4）資料2「基本概念の発達の系統」および資料3「能力の学年別発達」の両面から、各単元の習字の位置づけを行ない単元の指導過程を追求した。これを5年教材「水溶液の性質」について例示した。

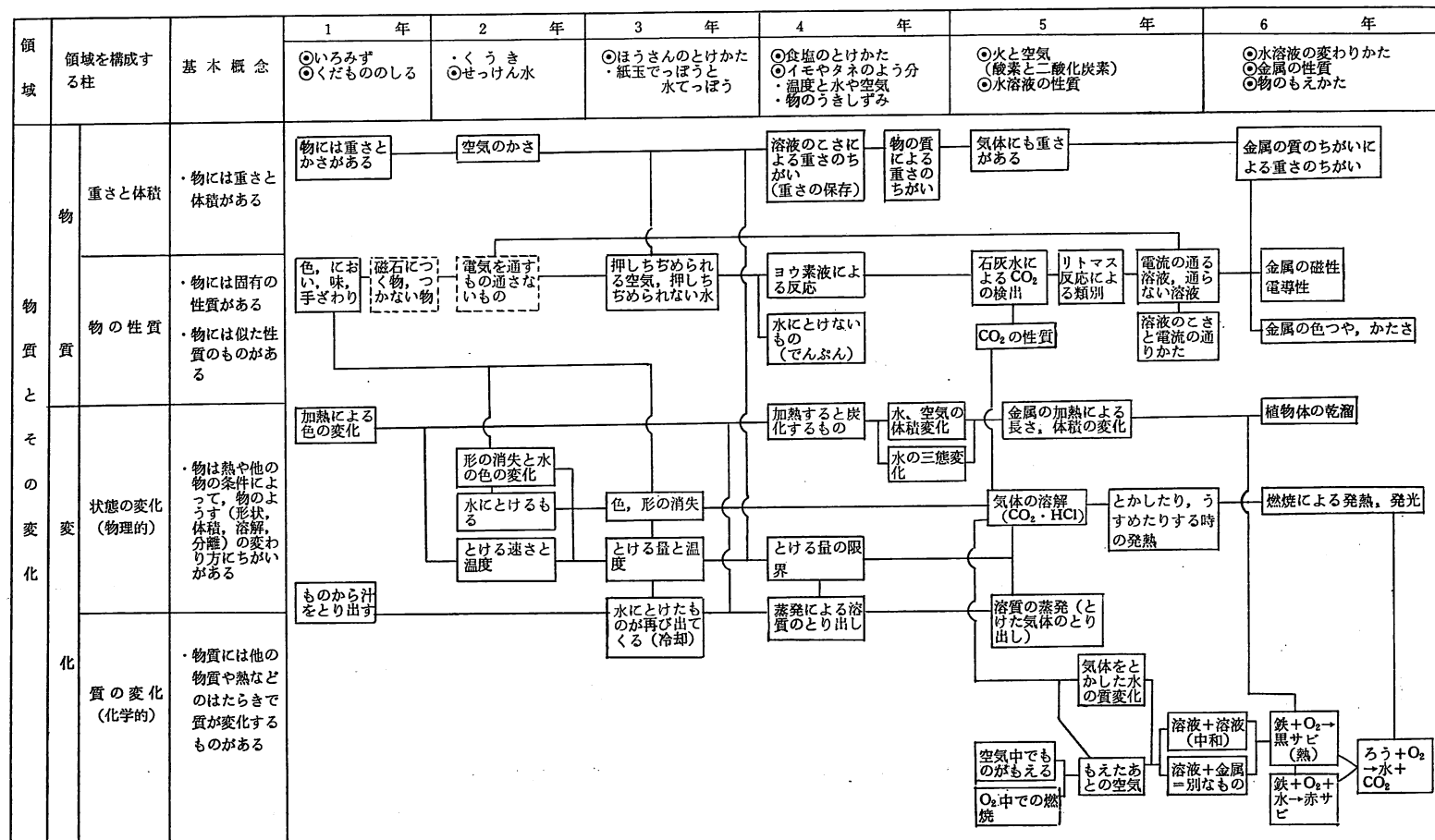
（資料5）資料4の指導過程によって作成した「学習指導案」の例である。

このような構造化の手順で作成された指導案をもとにして授業研究を実施し、授業の状況を観察して構造化の評価を行なった。

これら授業研究の整理については、さらに多くの授業研究を行なったあとにまとめて報告したい。



【資料2】 「物質とその変化」 基本概念の発達の手続



資料3 「物質とそ の 変 化」

学 年 単 元 見 方・考 え 方		1	2
		1. いろみず 2. くだもののしる	1. く う き 2. せっけん水
ものを物質として見る	◎ものの存在の追求	1. 紙についた色から汁の中の物に気づく。	1. とじこめた空気のかさや手ごたえ、空気の存在をとらえる。 2. 水の色の変化から、水にとけている石けんの存在に気づく。
	◎ものとして、とり出すことができること。	1. 花や実にくまれている汁をとり出し、分離という考え方を考える。 1. 汁をつけて、かわかすとあとに色が残ることに気づく。	1. 空気はとじこめることができることから、物として取り出したことに気づく。
	◎ものを比較、分析し、質のちがいや共通点を見つける。	1,2. 種類によるちがいや特徴を色、におい、味、手ざわり等でとらえる。 2. 汁をうすめたり乾かしたりすることから、汁の質を考える。 2. あぶりだしの現象で、汁にみられる共通性を考える。	2. せっけん水の性質を水との対比でとらえる。 2. 大きさの変化や形の消失と水の変化から水にとけるものとして、せっけんをとらえる。
物質を変化するものとして見る	◎状態の変化として見る。		
	◎質的变化として見る。		
つけて関係として見る 変化を原因と結果に結び	◎変化させるものと関係づけて見る。 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> { 空気 (O₂, CO₂) 水 薬品 (溶液) 熱・光・電磁気など </div>	2. 加熱した時、汁をぬった所とぬらない所のちがいがから、色変化の原因を汁と結びつけて考える。	2. とけるはやさのちがいをまわりの条件(温度、かくはん、粒の大きさ)との関係でとらえる。

能力の学年的発達

3	4	5	6
1. ほうさんのとけかた 2. 紙王てっぼうと水でっぼう	1. 食塩のとけかた 2. 温度と水や空気 3. 物のうきしずみ 4. イモやたねのよう分	1. 火と空気 (酸素と二酸化炭素) 2. 水溶液の性質	1. 水溶液の変わりかた 2. 金属の性質 3. 物のもえかた
1. とけて見えなくなっても、水の味、冷やした時のようすから、ほうさんの存在を認める。 2. 先王を押しているものとしての空気の存在をとらえる。	1. 同体積で重さのちがいから、とけて見えない食塩の存在をとらえる。	1. もえるときにつかわれるもの(気体)、もえたあとに新しくできたもの(気体)の存在に気づく。	1. 変化の起らない場合のその混合水溶液の中に2つの溶質の存在をとらえる。
	1. 食塩水を加熱し、水を蒸発させると食塩をとり出すことができる。 4. イモの養分としてとり出した白い粉を、澱粉という物として見る。		1. まぜ合わせてとけた水溶液を熱して、生成物を取り出す。 1. 液中に変化しないで混在しているものを、発熱、かん固などの操作からとらえる。
1. ほうさんを、つぶの色、形、手ざわりなどで識別する。 2. 空気と水の質のちがいを力を加えた時のかさでとらえる。	2. 水、空気の質のちがいを意識する。 3. 物の重さのちがいから、物の質の質のちがいをとらえる。 4. 水、熱、ヨウ素液などにより、でんぷん、蛋白、油の質のちがいや共通点をとらえる。	1. ものがもえる前ともえたあとの空気のちがいをとらえる。 1. 塩酸との反応から貝から石灰石の共通点に気づく。 1. ものをもうやす気体ともやさない気体のちがいをを知る。 2. リトマス紙の反応から水溶液の性質を類別する。	2. 酸素が使われて、あとに残った質のちがった気体としてのちっ素をとらえる。
1. ほうさん水を冷やした時、出てくるつぶがもとのほうさんであることに気づく。	1. 食塩の析出から水にとけてもその物の質は変化しないことをとらえる。 2. 温度変化に伴う水の変化を一連の状態変化としてとらえる。		3. ろうそくのもえ方の追求から、ろうの状態変化をとらえる。
	4. でんぷん、あぶら、蛋白質の加熱による炭化から質的变化をとらえる。	1. 二酸化炭素の発生から石灰石と塩酸の両方とも質的变化をしていくことをとらえる。 1. 石灰水の白濁から2つの溶質の質的变化に気づく。 2. 水溶液になると水にも物にも見られなかった新しい性質があらわれることに気づく。	1. 水を媒体として2つの物質をまぜ合わせた時のようすから、物質相互の作用による質的变化に着目し追求する。 2. もとの金属がもつ性質が変わっていることからさびを質变化したものととしてとらねる。 3. 物がもえるときまわりの質が変化することに気づく。
1. とける量を変える条件をとらえる。 2. 現象と具体物の変化を関係づけ、何を押して、何がとんでいつたのかをとらえる。	1. 水溶液のこさを溶質と溶媒の量との関係からとらえる。 2. 水や空気の変化を温度条件との関係づけでとらえる。	1. ものがもえる現象をまわりの空気との関係からとらえる。 1. まわりの空気の変化を O_2 と CO_2 の量の変化でとらえる。 2. 電気の通し方による水溶液のちがいを、とけている質のちがいと関係づけでとらえる。	1. 物質の変化の速さを、水溶液のこさや、温度と関係づけで見る。 2. 赤さびや黒さびと、そのできる条件である水、空気、熱を関係づけ、分析的にとらえる。 3. 電流と燃焼の発熱・発光を比較し質的变化の有無を考える。

資料 5 「5 年 理 科 学 習 指 導 案」

- 1 単 元 名 水溶液の性質
- 2 中心観念 物の存在や、物と物・物とエネルギーの関係などの現象追求を通し、物の性質や、物質変化の規則性をとらえる。
- 単 元 の 主 軸

水溶液のさまざまな現象を、溶質と水や熱との関係で追求したり、個々の水溶液の共通性を類別することなどから、水溶液の性質を理解させ、溶解や溶液の概念を広める。
- 3 目 標
1. 気体のなかにも水に溶ける物のあることを、炭酸水をあたためた時出るあわの追求からとらえさせる。
 2. 固体がとけた水溶液とくらべ、水溶液を加熱した時、溶けて物の蒸発するものがあることから、溶質のちがいをとらえさせる。
 3. リトマス紙の変化から個々の水溶液を酸性、アルカリ性、中性に類別できることをわからせる。
 4. 水溶液になると、水にも物にも見られなかった新しい性質が現われることをとらえさせる。
 5. 水溶液になると電流の通り方が変わることを、もとの水や溶質との比較から気づかせる。
 6. 水溶液をうすめたり、水に物をとかす過程中に起る発熱の現象から、溶液の濃さのちがいをとらえさせる。
- 4 課 題
1. この液体は、何が溶けたものだろう。
 2. 炭酸水のような水溶液は、ほかにもあるだろうか。
 3. いろいろな水溶液を、同じ性質のものでわけられないだろうか。
 4. 電流の通り方は、溶ける前の物と、物が溶けたあとの水溶液とでは同じだろうか。
 5. うすめる水の量や、溶けている物の量によって、水溶液のようすにかわりはないだろうか。

5 計 画

次	第 一 次	第 二 次	第 三 次	第 四 次	第 五 次
主 題	炭酸水にとけているもの	水溶液を熱した時の変化	酸性・アルカリ性・中性の液	電流を通しやすい水溶液	ものを溶かししたり、うすめたりする時の発熱
学習内容	<ul style="list-style-type: none"> ・二酸化炭素の溶けた液体 ・加熱して二酸化炭素をとり出す 	<ul style="list-style-type: none"> ・気体の溶けた液体 ・固体の溶けた液体 	<ul style="list-style-type: none"> ・いろいろな水溶液 ・リトマス紙の反応 	<ul style="list-style-type: none"> ・水溶液の電流を通しやすいもの、通しにくいもの ・水溶液の濃さと電流の通りかた 	<ul style="list-style-type: none"> ・うすめたりとかけたりする時の発熱 ・水溶液の濃さとリトマス紙の色の変わりがた
配 時	3 時	2 時	2 時	2 時	2 時

6 指導にあたって

- これまで、とける現象をとりあげたとき、水に対する物の反応のちがいから、その物の性質が水を溶媒とする共通の場として明らかにされてきた。物を単なる物体としてみる直感的、感覚的なとらえ方から、溶液の現象を通して、重さの保有や温度と溶解量の関係など、純感覚的なとらえ方に発展し、具体物の変化の中から物を質的に見る基礎認識ができてつづある。この溶材では、溶質が固体だけでなく、気体の水溶液もあることから、水溶液の概念を拡充し、水溶液の共通な性質や差異点を明らかにし、水溶液を酸性、中性、アルカリ性で識別できることを内容としている。
- 物質とその変化についての領域で見られる法則や事実の多くは、天然に存在する自然物から特定の物質を抽出したり、新しい物質を創造する過程で見出されたものと考えられる。それは物質の三態変化や固相や液相から溶けこんでいる物質を分解したり、水溶液の固有の性質を明らかにしたりすることは、物質の基礎認識を深める重要な学習である。

- いままでの水溶液の学習では、形のある固体が水に溶けこみ、水を蒸発させると、もとの固体にもどることを内容にした学習が多かったが、この單元では、水と共に溶けこんでいる物が蒸発してしまう素材を扱うので、溶どもの認識のしかたや、関係的にみる能力が深められないと、水溶液の性質を明らかにとらえることはできない。
- この單元では、溶解や化学現象を、溶どもの発想を中核として学習することが、いままでの認識に合致し、わかり方が深まるので、発見的過程にのせることが大切だと思われる。

7 ◎みつけるもの（内容面）

1. 水溶液には気体の溶けている液があり、加熱によって溶けているものが蒸発する。
2. 水溶液を酸性、アルカリ性、中性で識別することができる。
3. 固体のとき電流を通さないものでも、溶解すると電流を通すものがある。
4. 物が溶解するとき発熱する。

◎ねらいとする態度・能力の面

1. 溶けているもののとり出し方がわかる。
2. 多面的な観点で事象を見、その結果を共通の性質でまとめができる。

（注）以下、各授業時における細案へと続くが、紙数の都合で省略する。

＜宮下 勲・谷村修次・井村嘉清・平田豊和＞

IV ま と め

理科教材の構造化を行うため次のような方法を試みた。

1. 自然科学の分野別分類による体系化
2. 自然科学各領域の基本概念の組織化
3. 基本概念——教材内容のラセン構造化

これらの方法の試行を経由して、教材の構造化は最終的には「コマ型構造図（図4）」の作成におちつくことを示した。

ついでこの考え方をもとにして、教育現場での実践研究によって

教科の基本概念	} ←→ 教材内容
こどもの能力発達段階	

の三者の関係を具体的に明示した。またこのような構造化によって実際にどのような学習が展開されるかを例示した。（山崎 豊）

〔付言〕

本研究は教育学部理科教官全員による理科教育研究の一環として行われた。

本稿の作成に関係された人の氏名とその分担は下記の通りである。

山本弥一郎（物理）	協議参加
瀬嵐 哲央（生物）	"
出口 八郎（物理）	"
宮下 勲（付属小）	授業研究・資料作成
谷村 修次（"）	" . "
井村 嘉清（"）	" . "
平田 豊和（"）	" . "
山崎 豊（化学）	

引用文献

- 1) 教員養成大学・学部教官研究会理科教育部会編：「理科教育の研究」昭和44年（東洋館出版社）
- 2) 静岡大学教育学部総合研究所編：「科学としての教科教育学」昭和44年（明治図書）
- 3) 神力甚一郎：「教科教育の課題と方法」（金沢大学教育学部「教科教育研究」）第3号，p.1（1970）
- 4) 水越敏行：「創造性的教育と発見学習」（金沢大学教育学部「教科教育研究」）第3号，p.13（1970）
- 5) J. S. Bruner：「The Process of Education」p. 33（1963）（鈴木・佐藤訳「教育の過程」）p.42 昭和38年（岩波書店）
- 6) 広岡亮蔵：「学校教育計画（第8回）内容の選択と組織」（「現代教育科学」昭和44年11月号）
- 7) 広岡亮蔵：「ブルーナー研究」p.27，昭和46年（明治図書）
- 8) 田辺元：「科学概論」p.171，大正7年
- 9) 金崎肇：「理科教育法ノート」p.6，昭和43年（金沢大学書籍部）
- 10) 福井時次郎：編者への私信にもとづき作成
- 11) 嶋田治：前(1) p.73
- 12) 広岡亮蔵：前掲(7) p.91
- 13) 広岡亮蔵，信州大学付属長野中学校：「教材構造と発見学習」昭和41年（明治図書）
- 14) 真船和夫：「理科教授編」昭和37年（明治図書）
- 15) 永田義夫：「理科の構造のとらえかた」p.9，昭和42年（啓林館）
- 16) 広岡亮蔵：「現代教育科学」№107，昭和41年（明治図書）
- 17) 文部省：「小学校指導書理科編」昭和44年（東京書籍）
- 18) 金沢大学教育学部付属小学校：「発見学習の展開」研究紀要第24集，昭和45年，その他多数あり